第５章　反応の理論

第９講　熱化学②

2　熱化学の計算

⑴　反応エンタルピーの求め方②（ヘスの法則）

ヘスの法則（化学変化に伴うエンタルピー変化の総和は，反応経路によらず一定である）を利用して，測定不可能な反応エンタルピーを計算により求めていく。

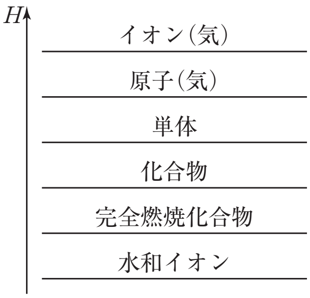
(i)　H式から求める

(ii)　エンタルピー図（以下，本講座ではH図）から求める

H図をかくときのポイント

①　エネルギーレベルを暗記し，固定させる。

②　反応エンタルピーの定義に従い矢印（↑・↓）を入れる



(iii)　公式から求める

ⓐ　生成エンタルピー＋仲間はずれ（反応エンタルピーQ kJ/mol）　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q＝（右辺の生成エンタルピーの和）－（左辺の生成エンタルピーの和）

ⓑ　燃焼エンタルピー＋仲間はずれ（反応エンタルピーQ kJ/mol）　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q＝（左辺の燃焼エンタルピーの和）－（右辺の燃焼エンタルピーの和）

ⓒ　結合エネルギー＋仲間はずれ（反応エンタルピーQ kJ/mol）　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q＝（左辺の結合エネルギーの和）－（右辺の結合エネルギーの和）

第９講　演習問題

1　エチレン(エテン)（気），二酸化炭素(気)および水(液)の生成エンタルピーは，それぞれ52kJ/mol，－394kJ/mol，－286kJ/molである。このとき，エチレン(気)の燃焼エンタルピーは，［　　　］kJ/molである。

①　－732　　②　－914　　③　－1018　　④　－1022　　⑤　－1126
⑥　－1308　　⑦　－1412　　⑧　－1645　　⑨　－2219　　⓪　－2433

2　つぎの文を読み，以下の各問いに答えなさい。

水素と一酸化炭素の混合気体を触媒を用いて高温高圧下で反応させると，式(1)に示すようにメタノールが生成する。

$$2H_2 + CO \longrightarrow CH_3OH \quad \cdots\cdots(1)$$

このとき，以下のア～エの条件が成り立つとする。

ア．水(液体)の生成エンタルピーは，－286kJ/molである。

イ．一酸化炭素の燃焼エンタルピーは，－283kJ/molである。

ウ．メタノールの燃焼に関する化学反応式とエンタルピー変化ΔHは式(2)のように表される。

$$CH_3OH(\text{液体}) + \frac{3}{2}O_2(\text{気体}) \longrightarrow CO_2(\text{気体}) + 2H_2O(\text{液体}) \quad \Delta H = -726\text{kJ} \cdots\cdots(2)$$

エ．1.00gのメタノール(液体)がすべて蒸発するとき1103Jの熱が吸収される。

問１　メタノール(液体)を式(1)の反応で合成するときの反応エンタルピー〔kJ/mol〕として最も適切な値をa～fの中から一つ選びなさい。

a.　－65　　b.　－108　　c.　－129　　d.　－195　　e.　－258　　f.　－412

問２　メタノール(気体)を式(1)の反応で合成するときの反応エンタルピー〔kJ/mol〕として最も適切な値をa～fの中から一つ選びなさい。

a.　－73　　b.　－94　　c.　－146　　d.　－164　　e.　－223　　f.　－291

問３　式(1)の反応が完全に進むものとして，1.00kgのメタノール(液体)を得るために必要となる0℃，1.013×10^5Paにおける一酸化炭素の体積〔L〕として最も適切な値をa～fの中から一つ選びなさい。ただし，一酸化炭素は理想気体とする。

a.　70　　b.　140　　c.　280　　d.　350　　e.　560　　f.　700

[3] H–H，Cl–Cl，H–Clの結合エネルギーはそれぞれ436kJ/mol，243kJ/mol，432kJ/molである。塩化水素の生成エンタルピーは何kJ/molか。最も近い値を，次の(ア)～(オ)の中から一つ選べ。

(ア) －61.8　(イ) －92.5　(ウ) －124　(エ) －185　(オ) －216

[4] 以下の文を読み，設問(1)～(3)に答えよ。答えは有効数字2桁で求めよ。ただし，気体はすべて理想気体とする。原子量はそれぞれH = 1.0，C = 12.0，O = 16.0とする。

メタンCH_4とプロパンC_3H_8の混合気体がある。この混合気体の密度は0℃，1.013×10^5Paで1.00g/Lである。この混合気体10gを完全燃焼させると533kJの熱が発生した。この結果と，次の化学反応式とエンタルピー変化ΔHを利用することでプロパンの燃焼エンタルピーを求めることができる。

$$C(黒鉛) + O_2(気) \longrightarrow CO_2(気) \quad \Delta H = -394\text{kJ}$$

$$H_2(気) + \frac{1}{2}O_2(気) \longrightarrow H_2O(液) \quad \Delta H = -286\text{kJ}$$

$$C(黒鉛) + 2H_2(気) \longrightarrow CH_4(気) \quad \Delta H = -75\text{kJ}$$

(1) 混合気体中のメタンのモル分率を求めよ。

(2) メタンの燃焼エンタルピー(kJ/mol)を求めよ。

(3) プロパンの燃焼エンタルピー(kJ/mol)を求めよ。

第９講　確認テスト

1　0℃，1.013×10^5Paで11.2LのプロパンC$_3$H$_8$を25℃，1気圧で完全燃焼させたところa kJの発熱があった。H_2OとCO_2の生成エンタルピーをそれぞれb kJ/mol，c kJ/molとするとプロパンの生成エンタルピーはいくらになるか。ただし，炭素Cは黒鉛，H_2Oは液体とする。

㋐　$c+2a-4b$　　㋑　$2a+4b+3c$　　㋒　$4b-3c+a$　　㋓　$2a+c-2b$

㋔　$2a-4b-3c$

第９講　演習問題

1

⑦

2

問１　c

問２　b

問３　f

3

(イ)

4

(1)　7.7×10^{-1}　　(2)　-8.9×10^{2} kJ/mol　　(3)　-2.2×10^{3} kJ/mol

第９講　確認テスト

1　㋑

【解説】

プロパンの燃焼エンタルピーを Q kJ/mol とすると

$$Q \times \frac{11.2}{22.4} = -a$$

$$Q = -2a \text{ kJ/mol}$$

よって　$C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O \quad \Delta H = -2a \text{ kJ}$

となる。

プロパンの生成エンタルピーを x kJ/mol とすると

$$-2a = (3c + 4b) - x$$

$$\underline{x = 2a + 4b + 3c}$$